



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 44 25 078 A 1

51 Int. Cl.⁸:
H 01 L 41/09
H 01 H 57/00
// A61F 9/08

B7

DE 44 25 078 A 1

21 Aktenzeichen: P 44 25 078.9
22 Anmeldetag: 15. 7. 94
43 Offenlegungstag: 18. 1. 96

71 Anmelder:

Marco Systemanalyse und Entwicklung GmbH,
85221 Dachau, DE

74 Vertreter:

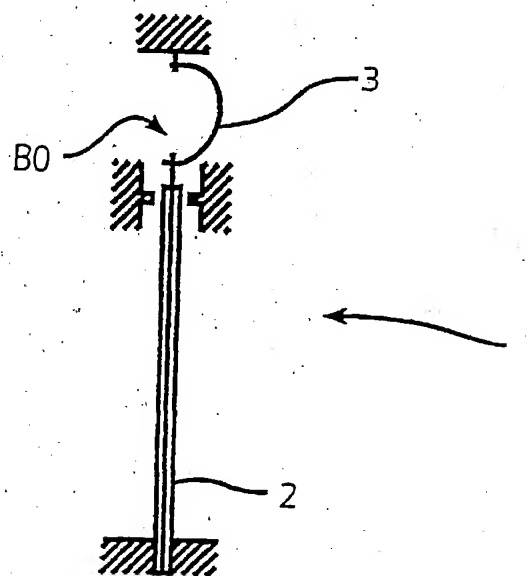
Schaumburg, K., Dipl.-Ing.; Thoenes, D., Dipl.-Phys.
Dr.rer.nat.; Thurn, G., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 81679 München

72 Erfinder:

Voigt, Konrad, 07639 Bad Kloster Lausnitz, DE;
Meikstat, Wolfgang, 07629 Hermsdorf, DE

54 Biegeaktuator

- 57 Ein Biegeaktuator (1) enthält ein piezoelektrisches Biegeglied (2), das durch Anlegen von Spannung zwischen wenigstens zwei Lagen schaltbar ist. Eine mit dem Biegeglied (2) zusammenwirkende Krafteinrichtung (3) unterstützt das Biegeglied (2) beim Übergang in wenigstens eine seiner Lagen.



DE 44 25 078 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 95 508 063/420

14/28

mäßen Biegeaktuators ist in Anspruch 10 angegeben. Dabei ist die Krafteinrichtung eine bistabile Feder. Das Bieeglied ist dann mechanisch mit der Feder gekoppelt. Diese Ausführung ist vorteilhaft, da sie sehr günstig und einfach aufgebaut ist. Wie bereits oben erwähnt wurde, kann der wirkungslose Bereich der Krafteinrichtung bei dieser Ausführungsform durch eine Gleichgewichtslage der bistabilen Feder bestimmt sein, wie im Anspruch 11 angegeben ist.

Bei einer alternativen vorzugsweisen Ausführungsform nach Anspruch 12 ist die Krafteinrichtung des Biegeaktuators eine Magnetanordnung mit einem Magnetfeld. Das Bieeglied ist dabei durch das Magnetfeld mit der Magnetanordnung gekoppelt. Durch das Fehlen von weiteren mechanischen Komponenten wird dabei der Vorteil erreicht, daß keine weiteren Teile verwendet werden, die einem Verschleiß unterliegen, so daß die Anordnung sehr zuverlässig und langlebig ist.

Eine bevorzugte Weiterbildung dieser Ausführung besteht gemäß Anspruch 13 darin, das Bieeglied ein Kopplungselement enthält, das ferromagnetisches Material, insbesondere Stahl, enthält und im Bereich des Magnetfeldes angeordnet ist. Dabei kann das Kopplungselement insbesondere eine Stahlsprünge sein, wie im Anspruch 14 weitergebildet ist.

Bevorzugt ist ferner, wenn bei der Ausführung mit der Magnetanordnung das Magnetfeld stark nichtlinear ist (Anspruch 15). Dies kann nach Anspruch 16 in vorteilhafter Weise dadurch erreicht werden, daß die Magnetanordnung zwei mit gleichnamigen Polen zueinander gerichtete Permanentmagneten enthält. Diese Ausführung ist sehr einfach, genau und kostengünstig. Ferner ist keine Leistung zur Erzeugung des Magnetfeldes erforderlich, wenn Permanentmagneten verwendet werden.

Wie bereits weiter oben ausgeführt wurde, ist der wirkungslose Bereich der Krafteinrichtung durch einen Gleichgewichtsort der Kräfte des Magnetfeldes auf das Bieeglied bestimmt, wie im Anspruch 17 angegeben ist.

Nach Anspruch 18 ist vorgesehen, daß das Bieeglied zum Schalten durch Spannungsimpulse beaufschlagbar ist. Dadurch wird der Vorteil ausgenutzt, daß zum Erhalten der Schaltlage des Bieegliedes keine Erhaltung der Ladung darin notwendig ist. Vorteilhaft ist dabei nach Anspruch 19 ferner, wenn die Spannungsimpulse eine vorgegebene oder eine wählbare und insbesondere steuerbare Dauer haben können. Damit ist der Biegeaktor sehr genau in seine Schaltlagen steuerbar. Bevorzugt ist dafür gemäß Anspruch 20 eine elektrische Impulsansteuerschaltung zur Erzeugung der Spannungsimpulse vorgesehen. Dabei ist es gemäß bevorzugter Ausführungsbeispiele ausreichend, die Impulse so zu gestalten, daß sie lediglich z. B. das Umschnappen eines bistabilen Biegeaktuators zwischen zwei Endschaltlagen bewirken, um eine einfache Ansteuerung und Auslösung zu erreichen. Soll außer genauen Schaltzeitpunkten auch eine genaue Ansteuerung einer Schaltlage realisiert werden, ist ein zusätzlicher Aufwand erforderlich.

Eine besonders einfache elektrische Ansteuerung wird mit der im Anspruch 21 angegebenen Impulsansteuerschaltung erreicht. Diese enthält eine Kapazität (C1), die über einen Transistor aufgeladen wird, wobei der Ladestrom die Primärwicklung eines Koppeltransformators durchfließt und auf dessen Sekundärseite ein zum Umschalten des Biegeaktuators hinreichender Spannungsimpuls erzeugt wird. Ferner kann nach Anspruch 22 vorgesehen sein, daß die Impulsansteuerschaltung einen Transistor enthält, durch den beim Ab-

schalten der Versorgungsspannung der Entladestrom fließt und analog einen Spannungsimpuls mit negativem Vorzeichen erzeugt. Weiterhin kann die Impulsansteuerschaltung eine aus Dioden bestehende Impulsaufteilung enthalten, wodurch je nach Vorzeichen des Spannungsimpulses die richtige Seite des Biegeaktuators beaufschlagt wird, wie im Anspruch 23 beschrieben ist.

Nach Anspruch 24 ist vorgesehen, daß das Bieeglied im Bereich seiner Totpunktlage eine größere Biegekraft hat als im Bereich einer Schaltlage. Dies ermöglicht ein sicheres Schalten aus der Totpunktlage.

Es ist ferner bevorzugt und vorteilhaft, wenn der Biegeaktor gemäß Anspruch 25 eine derartige Krafteinrichtung hat, die ihre maximale Kraft im Bereich wenigstens einer End- oder Schaltlage des Bieegliedes hat. Dies ermöglicht besonders stabile Schaltzustände.

Die Ausführung nach Anspruch 26 ermöglicht eine weitere individuelle Anpassung des erfindungsgemäßen Biegeaktuators an unterschiedlichste Schaltanforderungen. Es kann nämlich ausreichend sein, wenn das Bieeglied in wenigstens einer Lage zumindest im wesentlichen durch die Krafteinrichtung gehalten wird. Bevorzugt ist es jedoch, wenn das Bieeglied in wenigstens zwei Endlagen ausschließlich durch die Krafteinrichtung gehalten wird.

Bevorzugt ist in wenigstens einer Schaltlage des Bieegliedes ein Anschlag vorgesehen, gegen den das Bieeglied in der Schaltlage anliegt, wie im Anspruch 27 angegeben ist.

Ein erfindungsgemäßer Biegeaktor wird bevorzugt nach dem im Anspruch 28 beschriebenen Verfahren betrieben. Demnach ist vorgesehen, daß das piezoelektrische Bieeglied durch Anlegen einer Spannung aus einer ersten Lage wenigstens soweit herausbewegt wird, bis es von der Krafteinrichtung in Richtung von der ersten Lage weg beaufschlagt wird, und daß die Krafteinrichtung dann das piezoelektrische Bieeglied in einer zweiten Lage beaufschlagt. Eine vorteilhafte Weiterbildung besteht gemäß Anspruch 29 darin, daß die Krafteinrichtung das piezoelektrische Bieeglied schließlich zumindest im wesentlichen in der zweiten Lage hält. Dabei ist es besonders bevorzugt, wenn die Krafteinrichtung das piezoelektrische Bieeglied ausschließlich in der zweiten Lage hält, wenn es sich dabei um eine Endlage handelt, die nicht mit der Totpunktlage des Bieegliedes identisch ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Kombinationen der Unteransprüche.

Die Erfindung wird nachfolgen anhand in der Zeichnung dargestellter Ausführungsbeispiele näher beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Biegeaktuators mit einem Bieeglied und einer Krafteinrichtung,

Fig. 2 eine Kraft-Weg-Kennlinie nur des Bieegliedes des Piezo-Biegeaktuators aus Fig. 1,

Fig. 3 eine Kraft-Weg-Kennlinie einer bistabilen Feder als Krafteinrichtung gemäß dem Ausführungsbeispiel aus Fig. 1,

Fig. 4 einen Kraft-Weg-Verlauf des Piezo-Biegeaktuators mit einer an dessen Bieeglied gekoppelten bistabilen Feder nach Fig. 1, d. h. die überlagerten Kennlinien aus den Fig. 2 und 3,

Fig. 5 ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Biegeaktuators,

Fig. 6 eine Kraft-Weg-Kennlinie nur des Magnetfeldes einer Magnetanordnung gemäß dem zweiten Aus-

den Feldbereich des zweiten Magneten kommt. Grundsätzlich sind aber auch nichtmagnetische Krafteinrichtungen zur Realisierung derartiger Schalter konstruierbar.

In Fig. 8 ist eine elektrische Schaltung 4 zur Erzeugung des erforderlichen Stromimpulses zur Stoßanregung des Aktuators 1 gezeigt.

Beim Anlegen der Ansteuerspannung wird in der Impulsansteuerschaltung 4 eine Kapazität C1 über den Transistor T2 aufgeladen, wobei der Ladestrom die Primärwicklung 41a eines Koppeltransformators 41 durchfließt und auf dessen Sekundärseite 41b ein zum "Umschnappen" oder Umschalten des bistabilen Aktuators 1 hinreichender Spannungsimpuls erzeugt wird. Der durch den Transistor T3 fließende Entladestrom beim Abschalten der Versorgungsspannung erzeugt analog einen Spannungsimpuls mit negativem Vorzeichen. Die aus Dioden bestehende Impulsaufteilung, die aus Fig. 11 ersichtlich ist, sorgt dafür, daß je nach Vorzeichen des Spannungsimpulses die Richtige Seite des Biegegliedes 2 des Biegeaktuators 1 beaufschlagt wird. Der Masseanschluß der Impulsansteuerschaltung 4 ist mit GND bezeichnet und am anderen Anschluß wird eine Spannung von 0 oder 24 V angelegt.

Eine grundsätzliche Skizze, die das Bieger-Prinzip veranschaulicht, ist in Fig. 9 gezeigt. Hier sind vier piezoelektrisch aktive Schichten gezeigt, die das Biegeglied bilden. Die jeweilige Polarisierung der Lagen ist mit "+" bzw. "-" angegeben. Mit einer derartigen vierlagigen Ausführung kann eine größere Biegeauslenkung und/oder Kraftwirkung erzielt werden, als mit den beiden vorstehend beschriebenen zweilagigen Ausführungsbeispielen.

Die jeweils außen liegenden Oberflächen des Biegeglieds von Fig. 9 sind elektrisch auf einem Null-Potential. Dies ist vorteilhaft, da dadurch keine Isolationsmaßnahmen erforderlich sind. Die Bezeichnung "0"-Bieger bezieht sich also auf jene Flächen, die bei der Anregung auf Nullpotential bleiben.

Fig. 10 verdeutlicht den Impulsplan der Biegeransteuerung.

Lediglich beispielhaft werden nachfolgend Größen einer Ausführungsform eines Biegeaktuators 1 angegeben: Ein Piezo-Bimorph-Biegeglied 2 mit dem Maßen 55 mm x 5 mm x 0,6 mm hat bei Ansteuerung mit 300 V eine Auslenkung von $\pm 0,7$ mm und eine Blockierkraft von 20 cN. Beim Endausschlag (A1 oder A1') in 0,7 mm Abstand von der Ruhe- oder Totpunktlage A0 wird die Kraft durch das piezoelektrische Biegeglied 2 auf den Anschlag 6 oder 6' zu Null. Eine Anordnung mit Magneten 32a und 32b funktioniert bis zu Auslenkungen von ± 2 mm und wirkt auf einen Anschlag 6 oder 6' in 0,7 mm Abstand vom Gleichgewichtszustand B0 der Magnetanordnung 32, d. h. in diesem Fall auch von der Ruhe- oder Totpunktlage A0, mit einer Kraft von bis zu 20 cN.

Die angegebenen Ausführungsbeispiele dienen lediglich der Verdeutlichung der Erfindung, deren gesamter Umfang insbesondere durch die Ansprüche und die Darstellungen in der Beschreibungseinleitung gegeben ist.

Bezugszeichenliste

- 1 Biegeaktuator
- 2 Biegeglied
- 21 Piezokeramikstreifen
- 22 Kopplungselement

- 3 Krafteinrichtung
- 31 bistabile Feder
- 32 Magnetanordnung
- 32a, 32b Permanentmagneten
- 4 Impulsansteuerschaltung
- 41 Kopplungstransformator
- 41a Primärseite des Kopplungstransformators
- 41b Sekundärseite des Kopplungstransformators
- 5 Einspannung
- 6, 6' Anschläge
- A0 Totpunktlage des Biegegliedes
- A1, A1' Endlagen des Biegegliedes
- B0 Gleichgewichtszustand der Krafteinrichtung
- C1, C2 Kapazitäten
- D1 Diode
- R1, R2 Widerstände
- T1, T2, T3 Transistoren.

Patentansprüche

1. Biegeaktuator mit einem piezoelektrischen Biegeglied, das durch Anlegen von Spannung zwischen wenigstens zwei Lagen schaltbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß eine mit dem Biegeglied (2) zusammenwirkende Krafteinrichtung (3) vorgesehen ist, die das Biegeglied (2) beim Übergang in wenigstens eine seiner Lagen (A1, A1') unterstützt.
2. Biegeaktuator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Krafteinrichtung (3) in einem Bereich (B0) des Schaltweges des Biegegliedes (2) wirkungslos ist.
3. Biegeaktuator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der wirkungslose Bereich (B0) der Krafteinrichtung (3) einer Schaltlage (A0) des Biegegliedes (2) entspricht.
4. Biegeaktuator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Biegeglied (2) eine Totpunktlage (A0) aufweist, und daß die Schaltlage des Biegegliedes (2), die dem wirkungslosen Bereich (B0) der Krafteinrichtung (3) entspricht, die Totpunktlage (A0) des Biegegliedes (2) ist.
5. Biegeaktuator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Biegeglied (2) eine Totpunktlage (A0) aufweist, und daß das Biegeglied (2) zwischen seiner Totpunktlage (A0) und wenigstens einer Endlage (A1, A1') schaltbar ist.
6. Biegeaktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Biegeglied (2) eine Totpunktlage (A0) aufweist, und daß das Biegeglied (2) zwischen zwei von seiner Totpunktlage (A0) verschiedenen Endlagen (A1, A1') schaltbar ist.
7. Biegeaktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Biegeglied (2) eine Totpunktlage (A0) aufweist, und daß das Biegeglied (2) zwischen seiner Totpunktlage (A0) und zwei verschiedenen Endlagen (A1, A1') schaltbar ist.
8. Biegeaktuator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Biegeglied (2) wenigstens zwei Piezokeramikstreifen (21) enthält, und

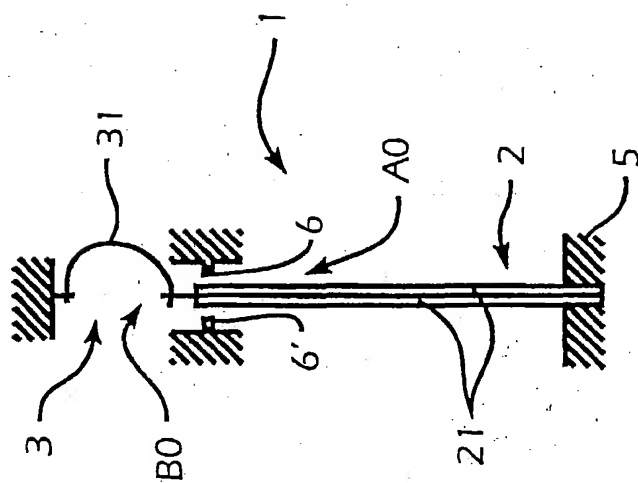


Fig. 1

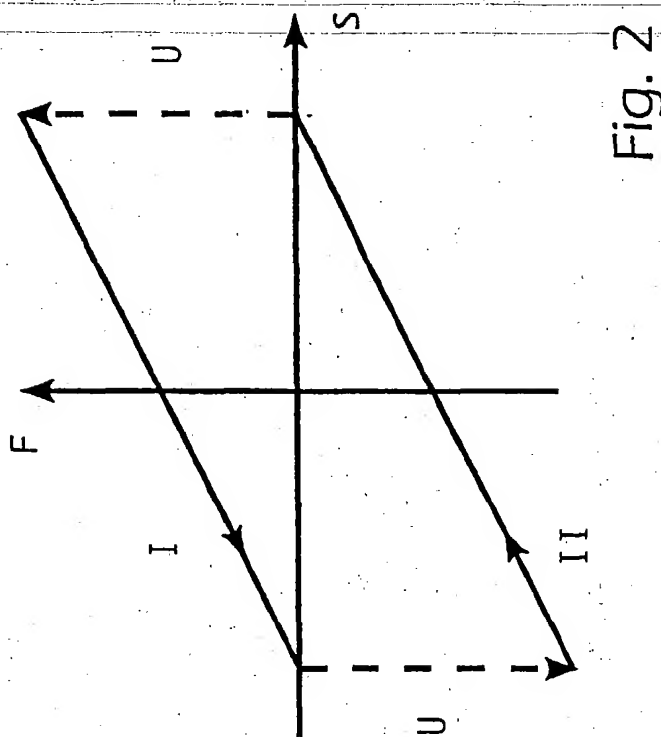


Fig. 2

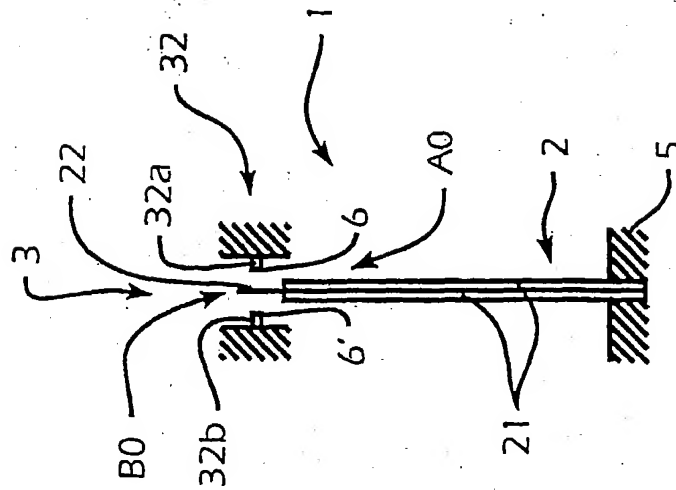


Fig. 5

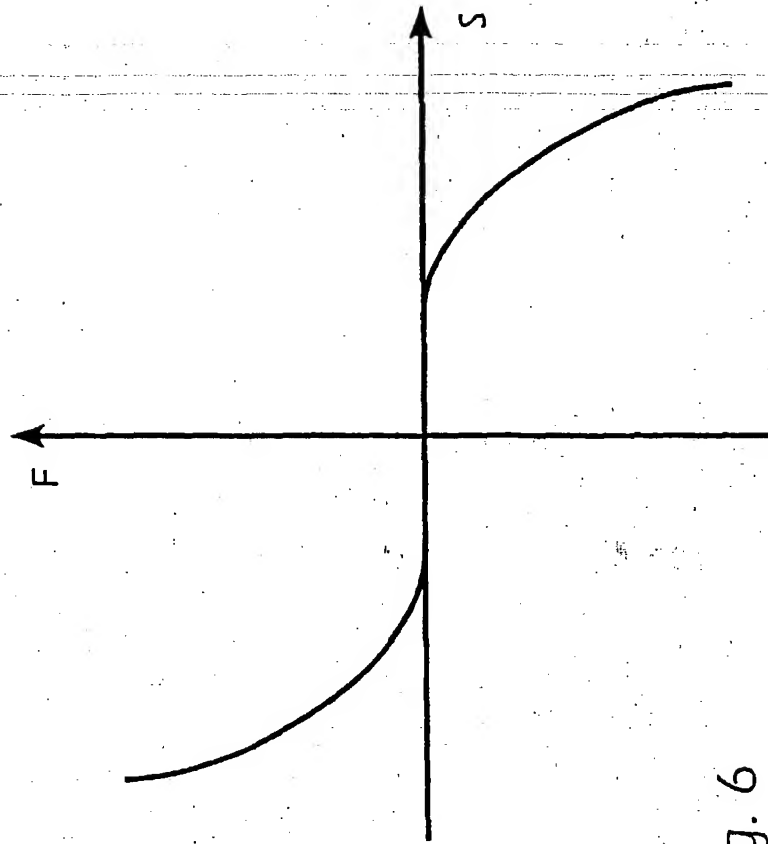


Fig. 6

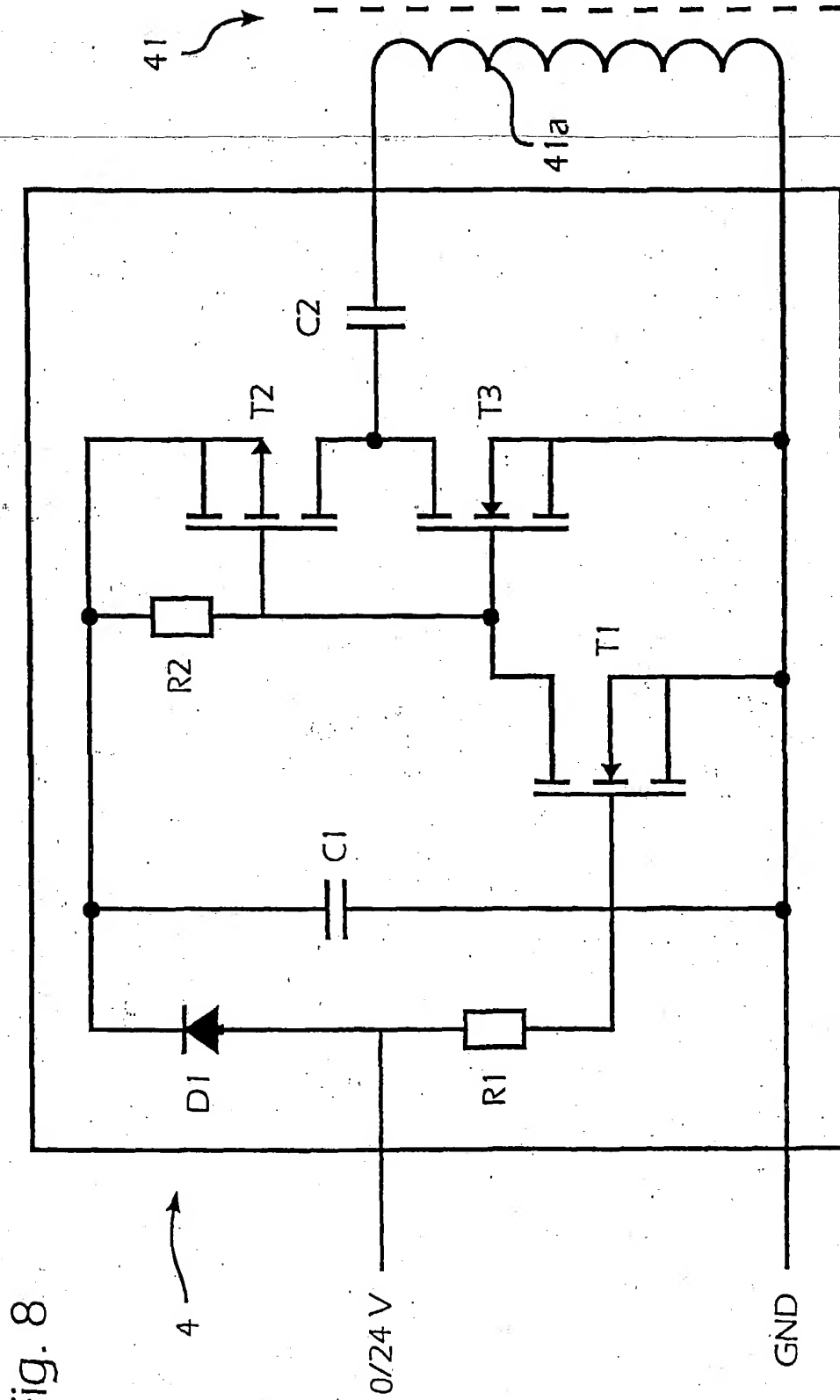


Fig. 8

Bending actuator

Patent Number: EP0693788
Publication date: 1996-01-24
Inventor(s): MEIKSTAT WOLFGANG (DE); VOIGT KONRAD (DE)
Applicant(s): MARCO SYSTEMANALYSE ENTW (DE)
Requested Patent: DE4425078
Application Number: EP19950108847 19950608
Priority Number(s): DE19944425078 19940715
IPC Classification: H01L41/09
EC Classification: H01L41/04B, H01L41/09G
Equivalents:
Cited Documents: US4383195; US4916349; US4672257

Abstract

The bending actuator (1) has a piezoelectric bending member (2) which can be switched between at least two positions on application of a voltage. A force member (3) is provided to cooperate with the bending member (2). This supports the bending member (2) in changing to at least one of its positions (A1, A1'). The force member (3) may be such that it is ineffective in one region (BO) of the passage of the bending member (2) such as a region corresponding to one of the switch positions, which may be a dead point position (AO). The bending member (2) may have at least two piezoceramic strips (21) which may be adhered together. Different voltages may be applied to these strips (21) to switch the bending member (2). The force member (3) may be a bistable spring (31) or a magnet arrangement (32) with a magnetic field. In this case, the bending member (2) may comprise a coupling element (22) of

ferromagnetic material, e.g. steel, arranged in the area of the magnetic field. 

Data supplied from the esp@cenet database - I2

6. The following are the names of the persons who have been appointed to the various positions in the organization: